

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-34259

(43)公開日 平成5年(1993)2月9日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 1 N 15/02

21/47

21/49

識別記号

C 7005-2 J

A 7370-2 J

C 7370-2 J

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 1(全 4 頁)

(21)出願番号

特願平3-188563

(22)出願日

平成3年(1991)7月29日

(71)出願人 000001993

株式会社島津製作所

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

(72)発明者 丹羽 猛

京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会

社島津製作所三条工場内

(74)代理人 弁理士 西田 新

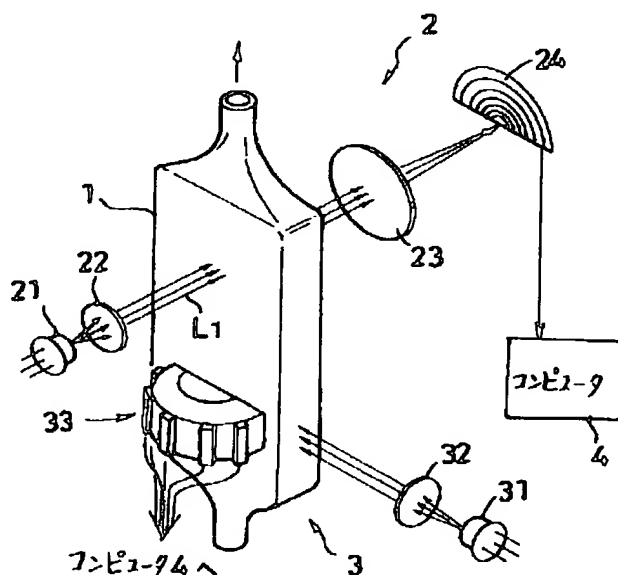
(54)【発明の名称】 粒度分布測定装置

(57)【要約】

(修正有)

【目的】 特殊なフローセルを使用することなく、簡単な構成のもとに大角度の散乱光を含めた広範囲の散乱光の高精度測定が可能で、高精度の粒度分布測定結果を得ることのできるレーザ回折・散乱式粒度分布測定装置を提供する。

【構成】 リングデテクタ24等を用いた通常の前分散・回折光測定用光学系に加えて、異なる方向から照射される平行レーザ光による散乱光を、二重スリットを介して複数の角度位置で測定する複数の光検出器を設ける。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 被測定粒子を媒液中に分散させた懸濁液が流されるフローセルと、このフローセルに対して所定方向から平行レーザ光を照射して被測定粒子による散乱・回折光の強度分布を前方所定角度範囲で測定する前方散乱・回折光測定系と、その強度分布の測定結果に基づいて被測定粒子の粒度分布を求める演算手段を備えた装置において、上記前方散乱・回折光測定系によるレーザ光の照射方向と異なる方向から上記フローセルに平行レーザ光を照射する手段と、この照射光の被測定粒子による散乱光を、それぞれ互いに所定距離を置いて配設された2つのスリットを介して複数の散乱角上で測定する複数の光検出器を備え、上記演算手段は、この各光検出器の出力と上記前方散乱・回折光測定系の出力とに基づいて被測定粒子の粒度分布を算出するよう構成されていることを特徴とする粒度分布測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、分散飛翔状態の粒子に光を照射することによって生ずる回折現象または散乱現象を利用した、光回折/散乱法に基づく粒度分布測定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 粒子による光の回折ないしは散乱現象を利用した粒度分布測定装置では、粒子による回折光ないしは散乱光の強度分布（回折角ないしは散乱角と光強度の関係）を測定し、これにフラウンホーファ回折ないしはミー散乱の理論に基づく演算処理を施すことによって、試料の粒度分布を算出する。この種の測定装置においては、回折光を測定を行う関係上、照射光としては一般にレーザ光が使用されている。そして、通常はレーザ光を平行光にしてフローセルを流れる試料懸濁液に照射し、回折/散乱されたレーザ光をフーリエ変換レンズで集光し、その焦点面上にリングデテクタと称されるリング状のフォトセンサアレイを設けて、その強度分布を測定している。

【0003】ところで、この方法による粒度分布測定では、測定下限をより小径側とするためには、より大角度の散乱光を測定する必要がある。つまり、測定範囲を拡大するためには広い角度範囲にわたって回折/散乱光の強度分布を測定する必要がある。しかし、フーリエ変換レンズやリングデテクタのサイズ上の制約等により、この測定光学系では実際には前方約40°程度までしか測定できない。

【0004】広い角度範囲で回折/散乱光の強度分布を測定する方法として、従来、上記したようなレンズとフォトセンサアレイによる測定光学系を複数組配置する方法や、光ファイバーを複数本用いて特定角度の散乱光をピックアップし、その強度をそれぞれフォトセンサで測定する方法等がある。また、本発明者も既に、フーリエ

変換レンズとリングデテクタによる測定光学系に加えて、干渉フィルタにより作成された単一波長光を試料懸濁液に照射し、その散乱光を複数のフォトセンサによって強度測定する装置（特開平2-173550号）や、フローセル中心を中心とする円弧に沿って基板上に受光素子を多数個配設した装置等を提案している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、上記した従来の方法のうち、レンズとフォトセンサアレイからなる測定光学系を複数組設けるものでは、多数の散乱角において測定しようすると、装置が大きくなるとともに構造が複雑となって高価となる。また、光ファイバーを使用するものはその加工が困難で、特に光ファイバーの端面の処理等におけるばらつきに起因する機差が生じやすいという欠点がある。

【0006】更に、干渉フィルタで単一波長光を作って照射する方法によれば、フォトセンサで受光するのに十分な散乱光強度を得にくいという問題があり、フローセルの回りにこれを中心として多数の受光素子を設けたものでは、実際には特殊な形状のセルが必要となる。本発明はこのような点に鑑みてなされたもので、少ない部品点数と、通常のフローセルを用いた簡単な構造のもとに、高精度で広範囲の回折・散乱光強度を測定することができ、精度よく粒度分布を測定することのできる装置の提供を目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】 上記の目的を達成するため、本発明の粒度分布測定装置では、前方散乱・回折光測定系によるレーザ光の照射方向と異なる方向からフローセルに平行レーザ光を照射する手段と、この照射光の被測定粒子による散乱光を、それぞれ互いに所定距離を置いて配設された2つのスリットを介して複数の散乱角上で測定する複数の光検出器を備え、この各光検出器の出力と上記前方散乱・回折光測定系の出力とに基づいて演算手段で被測定粒子の粒度分布を算出するよう構成している。

【0008】

【作用】 前方散乱・回折光測定系による比較的小角度の回折・散乱光に加えて、比較的大角度の散乱光を複数の角度上でそれぞれ2つのスリットを介して光検出器によって測定することにより、広い角度範囲での散乱・回折光強度の測定を達成している。ここで、2つのスリットを通して散乱光を光検出器に導くため、その各光検出器に導かれる光はその角度範囲が極めて狭くなり、測定精度は良好なものとなる反面、散乱光強度は低下することになるが、このスリットを介して測定する散乱光用の光源としてレーザ光を用いることで、測定するのに十分な強度を持つ散乱光が得られる。

【0009】

【実施例】 図1本発明実施例の測定光学系の全体構成

を示す斜視図である。フローセル1は通常のもので、その内部には媒液中に分散された試料粒子が流される。このフローセル1には上下2箇所に互いに直交する方向からレーザ光が照射される。

【0010】上方のものは通常の前散乱・回折光測定用光学系2のレーザ光で、下方のものは側方散乱光測定用光学系3のレーザ光である。前散乱・回折光測定用光学系2は、レーザダイオード21とその出力光を平行光にするコリメータレンズ22、この平行レーザ光 L_1 の光軸上にフローセル1を挟んで反対側に置かれ、フローセル1内の粒子による散乱・回折光を集光するフーリエ変換レンズ23、およびその焦点面に置かれたリングデテクタ24によって構成されている。

【0011】側方散乱光測定用光学系3は、同じくレーザダイオード31とその出力光を平行光にするコリメータレンズ32、この平行レーザ光 L_2 のフローセル1への照射面と直交する面に装着された側方散乱光測定用センサ構造体33によって構成されている。図2は側方散乱光測定用センサ構造体33の分解斜視図で、図3は組立状態での正面図(A)、平面図(B)および右側面図(C)である。なお、図2では各光検出器の全て、図3(C)では一部の光検出器について図示を省略している。

【0012】側方散乱光測定用センサ構造体33は、互いに異なる半径の円筒状に湾曲された第1および第2のスリット板331および332と、これらを同心円上に保持する上下の保持リング333および334、更に保持リング333と334の外周部分に固着された複数、例えば5個の光検出器335a~335eによって構成されている。

【0013】第1と第2のスリット板331および332は、それぞれ薄い金属板に複数のスリット $S \cdots S$ を形成して保持リング333に沿わせて曲げたもので、この各スリット板331および332には、それぞれ光検出器335a~335eの数と同数のスリット $S \cdots S$ が刻まれている。この各スリット $S \cdots S$ と光検出器335a~335eの位置関係は、図4に平面図で示すようにそれぞれ一点を中心として2つのスリット S 、 S と1つの光検出器が一直線状に並んだ放射線状の位置関係となっている。

【0014】そして、この側方散乱光測定用センサ構造体33が、平行レーザ光 L_2 の照射面と直交するフローセル1の一面の外側に固着され、平行レーザ光 L_2 のフローセル1内の粒子による側方への散乱光、すなわち大角度散乱光を、各スリット $S \cdots S$ および光検出器335a~335eの配設角に対応した複数の角度において測定することができるようになっている。

【0015】ここで、各光検出器335a~335eには、二重スリットを介して散乱光が入射するので、それぞれの光検出器に入射する光の散乱角の範囲は極めて狭

くなり、高精度の散乱光強度分布測定が可能である。また、散乱光は二重スリットを介して各光検出器に入射するのでその強度は低下することになるが、この側方散乱光測定用光学系3の光源にレーザ光を用いているので、各光検出器への入射光強度は測定に充分なものとなる。

【0016】そして、この各光検出器335a~335eの出力は、前散乱光測定用光学系2のリングデテクタ24の出力とともに、増幅器およびA-D変換器(いずれも図示せず)等を介してコンピュータ4に採り込まれる。コンピュータ4では、これら双方の測定光学系の出力を用いて、フラウンホーファ回折理論ないしはミーの散乱理論に基づく公知のアルゴリズムにより、被測定粒子の粒度分布を算出する。

【0017】なお、以上の説明において各光検出器と二重スリットによる大角度散乱光の測定光学系を、側方散乱光測定用光学系3と称したが、図1、図4から明らかなように、この光学系では側方のみならず実際には後方散乱光と称すべき大散乱光をも測定することが可能である。なお、以上の実施例においては、各光検出器335a~335eの前段に設ける二重スリットを、それぞれ複数のスリット $S \cdots S$ を刻んだ薄い金属板からなる第1と第2のスリット板331および332を、異なる曲率で同心上に曲げることによって得ているが、本発明は特にこれに限定されることなく、例えば直線状に2つのスリットを組み合わせた二重スリットを各光検出器の前段に個別に配置することもできる。ただし、前記した実施例のようなスリット板331、332の組合せとすることにより、各部品配置が容易で、しかも安価となる。

【0018】また、以上の実施例では、説明の簡略化のために光検出器ないしは二重スリットを5組設けた例を示したが、その数は任意であり、例えば10組以上設けることも可能である。

【0019】

【発明の効果】 以上説明したように、本発明によれば、フーリエ変換レンズおよびリングデテクタ等を用いた通常の前散乱・回折光測定用光学系のほかに、この前散乱・回折光測定用光学系の平行レーザ光と異なる方向に照射される平行レーザ光と、平行レーザ光の粒子による散乱光を二重スリットを介して入射する複数の光検出器からなる側方散乱光測定用光学系を設けて、大角度の散乱光を高精度に測定し得るように構成している。前散乱光測定用光学系の測定限界である 40° 以下の回折・散乱光に加えて、 $40^\circ \sim 90^\circ$ の間の複角度の散乱光や、更に大角度の散乱光を含めた広範囲の散乱光の強度分布データを粒度分布の換算に用いることが可能となり、従来に比して大幅に粒度分布測定精度が向上する。

【0020】しかも、側方散乱光測定用光学系は、通常のフローセルをそのまま共用し、かつ少ない部品点数によって構成された比較的簡単な構造であり、特に高価格

5

6

になる恐れはない。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明実施例の測定光学系の全体構成を示す斜視図

【図2】 その側方散乱光測定用センサ構造体33の分解斜視図

【図3】 同じく側方散乱光測定用センサ構造体33の組立状態での正面図(A)、平面図(B)および右側面図(C)

【図4】 同じく側方散乱光測定用センサ構造体33の各スリットS・Sおよび光検出器335a～335eの位置関係を示す模式的平面図

【符号の説明】

1・・・フローセル

2・・・前方散乱・回折光測定用光学系

21・・・レーザダイオード

22・・・コリメータレンズ

23・・・フーリエ変換レンズ

24・・・リングデテクタ

3・・・側方散乱光測定用光学系

31・・・レーザダイオード

32・・・コリメータレンズ

33・・・側方散乱光測定用センサ構造体

331・・・第1のスリット板

332・・・第2のスリット板

333, 334・・・保持リング

335a～335e・・・光検出器

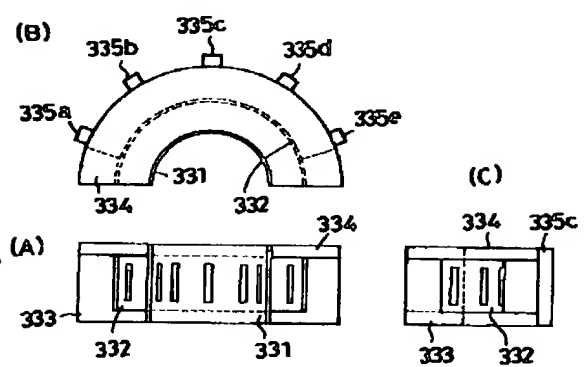
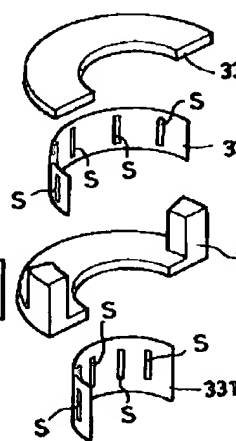
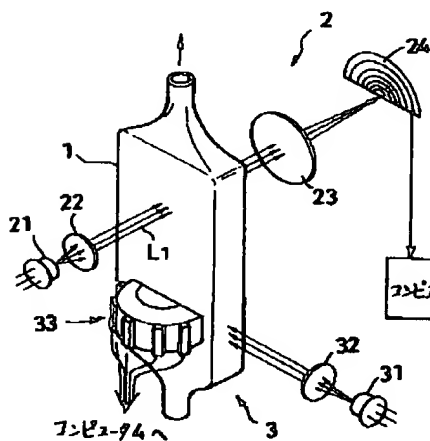
S・S・・・スリット

4・・・コンピュータ

【図1】

【図2】

【図3】



【図4】

